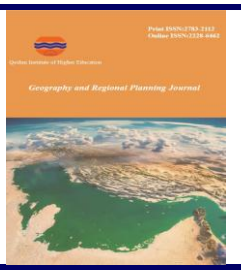
Iranian Association of Geopolitical

Geography and Regional Planning

ISSN (Print): 2783-2112 - ISSN (Online): 2228-6462

Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/



Assessing the Role of Resilient Urban Landscape Design in the Energy Efficiency of Technology Parks: A Case Study of Tabriz Science and Technology Park

Rana Teymoori[1], Ali Zeynali Azim[2], Soheila Hamidzadeh Khiavi[3]

1. Department of Architecture, Shab. C. Islamic Azad University, Shabestar, Iran. Email: karami.a234@gmail.com
2. Postdoctoral Student of Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Tarbiat Dabir Shahid Rajaei University, Tehran, Iran. Email: nessabian@gmail.com
3. Assistant Professor, Department of Art and Architecture, Shab. C. Islamic Azad University, Shabestar, Iran. Email: nader.m234@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history:
Received: March 25, 2026
Revised: April 27, 2026
Accepted: June 16, 2026
Published: June 16, 2026

Keywords:
Resilient landscape design perceived resilience energy efficiency science and technology parks user behavior

Abstract

Accordingly the main objective of this study is to examine the effect of resilient landscape design on users' energy efficiency behavior, considering the mediating role of perceived resilience in Tabriz Science and Technology Park. This study is applied in terms of purpose and follows a descriptive–correlational research design based on structural equation modeling. Data were collected using a questionnaire and analyzed through the Partial Least Squares (PLS) approach. To evaluate the reliability and validity of the measurement instrument, Cronbach's alpha, composite reliability, and average variance extracted (AVE) were employed, and the relationships among variables were examined through the structural model. The findings indicate that resilient landscape design has a positive and significant effect on users' perceived resilience (β 0.64, t 11.45). Perceived resilience also has a significant positive effect on energy efficiency behavior (β 0.48, t 8.23). In addition, resilient landscape design directly influences energy efficiency behavior (β 0.35, t 5.72). Furthermore, the indirect effect of resilient landscape design on energy efficiency behavior through perceived resilience is 0.31, while the total effect is 0.66, indicating the mediating role of perceived resilience in this relationship. Overall, the results demonstrate that resilient landscape design can function as an effective tool for enhancing users' environmental perceptions and promoting energy efficient behaviors in science and technology parks. Paying greater attention to environmental design quality alongside technological solutions can therefore contribute to the sustainable development of such innovation environments.

How to cite: Teymoori, R, Zeynali Azim, A and Hamidzadeh Khiavi, S. (2026). Assessing the Role of Resilient Urban Landscape Design in the Energy Efficiency of Technology Parks: A Case Study of Tabriz Science and Technology Park. Geography and Regional Planning, 16(63).349-369. https://doi.org/10.22034/jgeoq.2026.582944.4458

© Author(s) retain the copyright and full publishing rights
DOI: https://doi.org/ 10.22034/jgeoq.2026.582944.4458

Publisher: Qeshm Institute of Higher Education

Introduction

Science and technology parks are among the core infrastructures that support innovation, yet their effectiveness depends not only on technological capacity but also on the environmental performance and energy efficiency of their outdoor spaces. In this context, landscape design plays a crucial role in regulating energy use, shaping user behavior, and contributing to sustainable environmental management. The cold and mountainous climate of Tabriz, characterized by significant temperature fluctuations throughout much of the year, provides an ideal setting for examining how landscape elements contribute to energy performance in technological environments. The central problem of this study is to determine how the features of resilient landscape design influence energy efficiency behavior in technology parks, and whether this influence occurs directly or through users' perception of environmental resilience. The importance of this issue can be understood on several levels. Environmentally, resilient landscape design helps promote sustainable development patterns within innovation environments and reduces dependence on non renewable energy sources. From an urban design perspective, analyzing the relationships between spatial design, user perception, and energy related behavior bridges the existing gap between physical form and consumption patterns in scientific campuses. From a managerial standpoint, the findings can provide practical guidance for planners and decision makers in designing smart open spaces, optimizing energy use, and improving environmental comfort. Based on this foundation, the key research question is as follows: What role does resilient landscape design play in enhancing energy efficiency in technology parks, with an emphasis on user behavior and perception in the cold climate of Tabriz? Addressing this question not only fills the conceptual gap at the intersection of landscape design and energy management but also offers actionable strategies for reducing energy consumption and improving thermal satisfaction. Ultimately, the findings can serve as a localized model for sustainable design in technology parks across cold regions of Iran.

Methodology

This study is applied in terms of its purpose and descriptive analytical in nature, employing a quantitative approach aimed at analyzing the causal relationships among resilient landscape design, user perception, and energy efficiency behavior. The statistical population includes all experts, employees, and active visitors of the Tabriz Science and Technology Park. Due to the lack of precise population statistics and limited access to all members of the community, simple random sampling was employed to collect the required data. Based on structural equation modeling standards and the rule of a minimum of ten times the number of indicators (twelve indicators multiplied by fifteen), the sample size was determined to be 180 participants. To ensure model validity and compensate for potential sample attrition, a total of 200 questionnaires were distributed. The data collection instrument was a researcher designed questionnaire consisting of twelve specialized items measured on a five point Likert scale. Content validity of the instrument was assessed through expert review in the fields of urban planning and landscape architecture, as well as confirmatory factor analysis (CFA). Internal reliability was evaluated using Cronbach's alpha and composite reliability (CR), with a threshold value of 0.70. For data analysis, descriptive statistics were first employed in SPSS to examine the demographic characteristics of respondents. In the final stage, structural equation modeling (SEM) using SmartPLS was applied to test the hypotheses and extract causal relationships among the latent variables. This software was selected due to its strong capability in analyzing complex models and generating robust outputs, making it an optimal tool for evaluating the role of resilient landscape design in enhancing energy efficiency within the cold climate of Tabriz.

Results and Discussion

The results of the structural equation modeling demonstrate that the proposed framework exhibits strong psychometric robustness and statistically meaningful

relationships among the studied constructs. Factor loadings across all indicators exceeded the acceptable threshold, and reliability indices—including Cronbach's alpha and composite reliability—remained consistently high, confirming internal coherence. Convergent and discriminant validity were fully supported through AVE values above 0.50 and clear construct separation within the Fornell–Larcker matrix. Model fit indices indicated an excellent structural adequacy, with SRMR within the optimal range and NFI reflecting a well specified model. The structural paths revealed that resilient landscape design exerted a substantial positive effect on resilience perception ($\beta \approx 0.64$) and a moderate direct effect on energy efficient behavior ($\beta \approx 0.42$). Resilience perception demonstrated a meaningful influence on behavioral outcomes ($\beta \approx 0.51$), confirming its mediating role. Coefficient of determination values showed that the model explains a considerable share of variance in both perception ($R^2 \approx 0.53$) and energy efficiency behavior ($R^2 \approx 0.47$), highlighting its predictive relevance. Total effects analysis further indicated that a large portion of behavioral improvement emerges through the indirect pathway, emphasizing the importance of perceptual mechanisms alongside physical design interventions. Overall, the findings validate the integrated environmental behavioral model and underscore the necessity of combining climatic responsive design and smart infrastructure to enhance energy performance.

Conclusion

The results of this study demonstrate that resilient landscape design plays a decisive role in shaping both users' perceptions and their energy related behaviors within technology parks. The structural model confirms that climatic–responsive spatial features and smart infrastructure not only enhance resilience perception but also directly and indirectly strengthen energy efficient behavioral patterns. The mediating role of resilience perception underscores the importance of cognitive processes as a bridging mechanism between physical form and behavioral outcomes, revealing that environmental performance is equally dependent on design quality and user experience. The explanatory power of the model, reflected in meaningful R^2 values, further validates the integrated environmental–behavioral framework proposed in this research. Overall, the findings highlight that improving energy performance in urban innovation environments requires a dual emphasis on well designed resilient landscapes and user centered perceptual strategies. This conclusion offers actionable insight for planners, designers, and urban policymakers seeking evidence based approaches to sustainable development.

Ethical considerations

Following the principles of research ethics

The authors have observed the principles of ethics in conducting and publishing this scientific research, and this is confirmed by all of them.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

First author: Preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analysis and interpretation of information and results, preparing a draft of the article.

Second author: Preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analysis and interpretation of information and results, preparing a draft of the article.

Third author: Preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analysis and interpretation of information and results, preparing a draft of the article.

Ethical Considerations

The authors affirm that they have adhered to ethical research practices, avoiding plagiarism, misconduct, data fabrication or

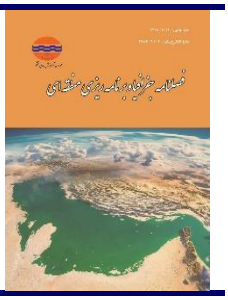
falsification, and have provided their consent for this article's publication.

Funding

This research was conducted without any financial support from Payam Noor University.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest



فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای

شاپا چاپی: ۶۴۶۲- ۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۲۱۱۲ -۲۷۸۳

Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/

انجمن ژئوپلیتیک ایران

سنجش نقش طراحی منظر تاب‌آور شهری در بهره‌وری انرژی پارک‌های فناوری؛ مطالعه موردی: پارک علم و فناوری تبریز

رعنا تیموری[۱]، علی زینالی عظیم[۲]✉، سهیلا حمیدزاده خیاوی[۳]

۱. گروه معماری واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، ایران. رایانامه: ranateymoori97@gmail.com

۲. نویسنده مسئول. پژوهشگر پسا دکتری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران، ایران. رایانامه: al.zeynaly@gmail.com

۳. استادیار گروه هنر و معماری، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران. رایانامه: hamidzadeh.so@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۱/۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۲۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۳/۲۶

کلیدواژه ها:

طراحی منظر تاب‌آور ادراک تاب‌آوری بهره‌وری انرژی پارک علم و فناوری رفتار کاربران

چکیده

هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر طراحی منظر تاب‌آور بر رفتار بهره‌وری انرژی کاربران با توجه به نقش میانجی ادراک تاب‌آوری در پارک علم و فناوری تبریز است. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش، توصیفی ـ همبستگی مبتنی بر مدل‌یابی معادلات ساختاری است. داده‌ها از طریق پرسشنامه گردآوری و با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی تحلیل شدند. برای ارزیابی روایی و پایایی ابزار پژوهش از شاخص‌هایی مانند آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و میانگین واریانس استخراج‌شده استفاده شد و روابط میان متغیرها در قالب مدل ساختاری مورد آزمون قرار گرفت. یافته‌های پژوهش نشان داد که طراحی منظر تاب‌آور تأثیر مثبت و معناداری بر ادراک تاب‌آوری کاربران دارد (β 64/0، t 45/11). همچنین ادراک تاب‌آوری تأثیر مثبت و معناداری بر رفتار بهره‌وری انرژی دارد (β ۴۸/۰ ، t ۲۳/۸). نتایج همچنین نشان داد طراحی منظر تاب‌آور به طور مستقیم بر رفتار بهره‌وری انرژی اثرگذار است (β 35/0، t 72/5). علاوه بر این، اثر غیرمستقیم طراحی منظر بر رفتار بهره‌وری انرژی از طریق ادراک تاب‌آوری برابر با ۰/۳۱ و اثر کل آن برابر با ۶۶/۰ برآورد شد که بیانگر نقش میانجی ادراک تاب‌آوری در این رابطه است. در مجموع نتایج پژوهش نشان می‌دهد که طراحی منظر تاب‌آور می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر در ارتقای ادراک محیطی کاربران و شکل‌دهی به رفتارهای انرژی‌کارآمد در پارک‌های علم و فناوری عمل کند و توجه به کیفیت طراحی محیطی در کنار راهکارهای فناورانه می‌تواند به توسعه پایدار این فضاها کمک کند.

استناد: تیموری، رعنا، زینالی عظیم، علی و حمیدزاده خیاوی، سهیلا . (۱۴۰۵). سنجش نقش طراحی منظر تاب‌آور شهری در بهره‌وری انرژی پارک‌های فناوری؛ مطالعه موردی: پارک علم و فناوری تبریز. جغرافیا و برنامه ریزی منطقه‌ای، ۱۶(۶۳). ۳۴۹-۳۶۹. DOI: 10.22034/jgeoq.2026.582944.4458.

ناشر: موسسه آموزش عالی قشم © نویسندگان.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، جهان با چالش‌های پیچیده زیست‌محیطی و انرژی روبه‌رو شده است که مستقیماً بر شهرها، الگوهای سکونت، و فضاهای عمومی تأثیر می‌گذارند. رشد بی‌رویه شهری، افزایش مصرف انرژی فسیلی، تخریب عناصر طبیعی و کاهش تاب‌آوری اقلیمی، موجب شده است که شهرها و مجموعه‌های فناورانه با بحران پایداری مواجه شوند(Nur et al, 2025). در کنار این واقعیت، مصرف انرژی در بخش ساختمان‌ها و مجموعه‌های صنعتی و فناورانه یکی از مهم‌ترین منابع تولید آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌رود. بر اساس گزارش‌های بین‌المللی، حدود ۴۰ درصد از کل انرژی جهانی در بخش ساخت‌وساز و بهره‌برداری از محیط‌های کاری و علمی مصرف می‌شود. این امر به‌ویژه در شهرهای سردسیر و نیمه‌خشک جهان، موجب افزایش فشار بر منابع طبیعی و وابستگی بیشتر به سوخت‌های فسیلی شده است. ازاین‌رو، مفهوم «پایداری انرژی» و «طراحی تاب‌آور محیطی» به یکی از محورهای اصلی توسعه شهری تبدیل گردیده است (Ordou, 2024). طراحی فضاهای باز و منظر شهری، به‌عنوان رابط میان کالبد مصنوع و محیط طبیعی، نقش تعیین‌کننده‌ای در مدیریت انرژی و ارتقای کیفیت زیست‌محیطی دارد. امروزه، بسیاری از سیاست‌گذاران شهری و پژوهشگران حوزه شهرسازی به‌دنبال الگوهایی هستند که بتوانند میان بهره‌وری انرژی، آسایش اقلیمی و رفتار کاربر در فضاهای شهری و علمی تعادل برقرار کنند (Salvador et al, 2019). در این زمینه، پارک‌های علمی و فناوری، به‌دلیل ماهیت نوآورانه و چندکارکردی خود، فرصت مناسبی برای تحقق اصول طراحی پایدار و تاب‌آور فراهم می‌کنند؛ زیرا این فضاها محل تعامل انسان، فناوری و محیط بوده و به‌واسطه ساختار کالبدی خاص خود می‌توانند الگوهای نوینی از بهره‌وری انرژی را معرفی کنند(Iqbal et al, 2026). با این حال، در بسیاری از کشورها از جمله ایران، ابعاد منظرین و اقلیمی پارک‌های علمی فناوری کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. اغلب این مجموعه‌ها با تمرکز بر ساختار فضایی و عملکردی بناها طراحی می‌شوند و به ظرفیت‌های منظر و طراحی فضای باز به‌عنوان شاخصی برای پایداری انرژی توجه کافی نمی‌شود. در نتیجه، بخش قابل توجهی از انرژی مصرفی در این فضاها صرف مقابله با شرایط نوسانی اقلیمی یا تأمین آسایش حرارتی کاربران می‌شود، در حالی‌که طراحی هوشمند منظر می‌تواند با بهره‌گیری از الگوهای تاب‌آور، به‌صورت طبیعی و غیرمکانیکی در کاهش مصرف انرژی نقش داشته باشد. این غفلت سبب شده است که پارک‌های فناوری، با وجود مأموریت نوآورانه خود، از منظر زیست‌محیطی و کالبدی ناپایدار باقی بمانند.

از این منظر، مسئله اصلی پژوهش حاضر بررسی چگونگی تأثیر ویژگی‌های طراحی منظر تاب‌آور بر بهره‌وری انرژی در پارک‌های فناوری است. دغدغه محوری تحقیق آن است که چگونه طراحی فضاهای باز، انتخاب پوشش گیاهی، جهت‌گیری عناصر کالبدی و استفاده از زیرساخت‌های هوشمند انرژی می‌تواند رفتار کاربران و مصرف انرژی مجموعه را تحت تأثیر قرار دهد. اقلیم سرد و کوهستانی تبریز، شرایط خاصی را برای آزمون این فرض فراهم می‌آورد، زیرا این شهر در بیشتر ایام سال با نوسانات شدید دما روبه‌روست و به‌همین‌سبب فرصت مناسبی برای سنجش عملکرد طراحی منظر در مدیریت انرژی در فضاهای علمی و فناورانه است. ضرورت این پژوهش از چند جنبه قابل تبیین است. نخست، از دیدگاه محیط‌زیستی، توجه به طراحی منظر تاب‌آور در پارک‌های فناوری کمک می‌کند تا الگوهای توسعه پایدار در محیط‌های نوآوری شکل گیرد و وابستگی به منابع انرژی فسیلی کاهش یابد. دوم، از دیدگاه شهرسازی، تحلیل علمی روابط میان طراحی منظر، ادراک کاربر و رفتار انرژی‌محور، شکاف موجود میان کالبد فضایی و الگوی مصرف در مراکز علمی را پر می‌کند. سوم، از منظر مدیریتی، نتایج این پژوهش می‌تواند برای مدیران شهری و برنامه‌ریزان پارک‌های فناوری مبنای تصمیم‌گیری در طراحی فضاهای باز هوشمند، بهینه‌سازی انرژی و ارتقای کیفیت زیست‌محیطی باشد. بنابراین مسئله مورد مطالعه پژوهش حاضر آن است که آیا طراحی منظر تاب‌آور می‌تواند به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر ادراک کاربران از محیط و رفتار بهره‌وری انرژی در پارک فناوری تأثیرگذار باشد؟ این پرسش بنیادی در قالب مدل معادلات ساختاری مورد سنجش قرار می‌گیرد تا روابط علی میان عناصر کالبدی، تاب‌آوری منظر و رفتار انسانی مشخص شود. بر پایه این هدف، سؤال اصلی پژوهش چنین مطرح می‌شود: طراحی منظر تاب‌آور چه نقشی در ارتقای بهره‌وری انرژی پارک‌های فناوری، با تأکید بر رفتار و ادراک کاربران در اقلیم سرد تبریز دارد؟ پاسخ به این سؤال، نه‌تنها خلأ نظری موجود در زمینه تلفیق طراحی منظر و مدیریت انرژی در پارک‌های علم و فناوری را جبران می‌کند، بلکه می‌تواند راهکارهای عملی برای کاهش مصرف انرژی و افزایش رضایتمندی حرارتی کاربران ارائه دهد. در نهایت، یافته‌های این تحقیق می‌تواند به‌عنوان الگویی بومی برای طراحی پایدار پارک‌های فناوری در اقلیم‌های سرد ایران مورد استفاده قرار گیرد تا این فضاها علاوه بر کارکرد فناورانه، از لحاظ زیست‌اقلیمی و اجتماعی نیز پایدار و تاب‌آور باشند.

پیشینه پژوهش:

همگرایی منظر تاب‌آور، بهره‌وری انرژی و اکوسیستم نوآوری در پارک‌های فناوری

پارک‌های علم و فناوری به عنوان زیرساخت‌های حیاتی برای تجاری‌سازی دانش و پرورش شرکت‌های دانش‌بنیان، نقشی فراتر از اجاره‌دهندگان فضای فیزیکی ایفا می‌کنند. ادبیات بین‌المللی و داخلی نشان می‌دهد که این نهادها با ایجاد بستری مناسب برای تعامل بین دانشگاه، صنعت و دولت، موتور محرکی برای توسعه نوآوری و فناوری محسوب می‌شوند (Nasr & Hajihosseini, 2017; Salvador et al., 2019). با این حال، موفقیت این پارک‌ها تنها به حضور فیزیکی شرکت‌ها محدود نمی‌شود، بلکه به کیفیت «زیست‌بوم نوآوری» حاکم بر آن‌ها و همچنین کارایی انرژی و پایداری محیط‌زیستی آن‌ها بستگی دارد.

نقش پارک‌های فناوری در اکوسیستم نوآوری و عملکرد

پژوهش‌ها تأیید می‌کنند که پارک‌های فناوری پتانسیل منحصربه‌فردی برای پیشتازی در نوآوری‌های شهری دارند. برخلاف پارک‌های لجستیکی که با استانداردهای خشک و پیش‌فرض طراحی می‌شوند، پارک‌های فناوری به دلیل ماهیت نوآورانه خود، می‌توانند به آزمایشگاه‌هایی برای «نوآوری شهری» تبدیل شوند (Salvador et al., 2019) در این راستا، برخی پژوهشگران بر این باورند که برای مقابله با چالش‌های پیچیده نوآوری، مدیران پارک‌ها نیازمند شایستگی‌های خاصی هستند که بتوانند اکوسیستم را به سمت پویایی و تاب‌آوری هدایت کنند (Ordou, 2024). همچنین Norouzi و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی جامع، مدلی ساختاری را برای سنجش عملکرد سطوح مختلف توسعه‌یافتگی پارک‌های علم و فناوری در ایران طراحی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که عوامل متعددی از جمله زیرساخت‌های فیزیکی، خدمات پشتیبانی و ارتباطات شبکه‌ای بر عملکرد نهایی پارک تأثیر می‌گذارند. این یافته‌ها اهمیت می‌دهد که پارک‌های فناوری نه به عنوان مجموعه‌ای از ساختمان‌های ایزوله، بلکه به عنوان سیستم‌های یکپارچه دیده شوند که در آن‌ها هر جزء (از جمله محیط فیزیکی و منظر) بر عملکرد کلی اثر می‌گذارد.

تاب‌آوری، طراحی منظر و پایداری شهری

در ابعاد طراحی و پایداری، ادبیات نشان می‌دهد که «طراحی منظر» نقش کلیدی در ایجاد شهرهای تاب‌آور دارد Fernandes . و همکاران (۲۰۲۵) در یک مرور سیستماتیک بر طراحی کاشت تأکید کردند که طراحی منظر سبز نه تنها جنبه زیبایی‌شناختی، بلکه کارکردهای حیاتی در تاب‌آوری و زیست‌پذیری شهرها دارد. این دیدگاه با پژوهش Kreutz (2024) همسو است که بر اهمیت در نظر گرفتن دیدگاه‌های ذینفعان مختلف (مانند دانشجویان و سالمندان) در طراحی پایدار پارک‌ها تأکید کرد. آن‌ها نشان دادند که طراحی تعاملی و پایدار می‌تواند به «پیوند بین‌نسلی» و افزایش پذیرش اجتماعی راهکارهای سبز کمک کند. همچنین، Umeikeو همکاران (۲۰۲۵) در مروری بر شهرهای هوشمند تاب‌آور، نشان دادند که زیرساخت‌های دیجیتال و هوشمندسازی می‌توانند به مدیریت بهینه منابع در پارک‌های فناوری کمک شایانی کنند.

بهره‌وری انرژی و گذار کربن‌پایین در پارک‌ها

هسته اصلی بحث در پارک‌های فناوری مدرن، «بهره‌وری انرژی» و کاهش ردپای کربن است. Zhang و همکاران (۲۰۲۳) شواهد تجربی نشان دادند که استقرار در پارک‌های نمایشی بومی-صنعتی می‌تواند تأثیر مثبت و معناداری بر «بهره‌وری انرژی کل‌عامل» شهرها داشته باشد. این تأثیر از طریق کانال‌هایی نظیر تجمع اقتصادی، نوسازی ساختار صنعتی و ایجاد شبکه‌های نوآوری تقویت می‌شود. با این حال، تاب‌آوری واقعی زمانی محقق می‌شود که این پارک‌ها از مصرف‌کنندگان منفعل انرژی به تولیدکنندگان فعال تبدیل شوند. در این زمینه، رویکردهای نوین مانند یکپارچه‌سازی سیستم‌های انرژی پارک با ذخیره‌سازهای هیبریدی و هیدروژن‌های فرآورده جانبی، مسیر را برای «گذار کربن‌پایین» هموار می‌کنند(Zhao et al., 2026). Song و همکاران (۲۰۲۶) نیز بر یکپارچه‌سازی فتوولتائیک، ذخیره‌سازی و تعامل با شبکه تأکید کردند که این موارد نه تنها مصرف را کاهش می‌دهند، بلکه پارک را در برابر نوسانات انرژی مقاوم می‌سازند.

اگرچه مطالعات فوق به خوبی به ابعاد مدیریتی، شبکه‌ای و عملکردی پارک‌های علم و فناوری پرداخته‌اند (Karbasi et al., 2024a, 2024b; Mohammadhashemi et al., 2024; Herandi et al., 2022)، اما کمتر به بُعد «طراحی فیزیکی و منظر» به عنوان یک عامل استراتژیک در بهره‌وری انرژی پرداخته‌اند. به نظر می‌رسد که اگرچه عوامل مدیریتی و شبکه‌ای بررسی شده‌اند، اما نقش «طراحی منظر تاب‌آور» در بهبود بهره‌وری انرژی و ارتقای کیفیت زیست‌بوم نوآوری (Heydari & Ghaibloo, 2026; Jafari & Parvari Nejad, 2026) نیازمند توجه بیشتری است. این پژوهش با پر کردن این شکاف، تلاش می‌کند

نشان دهد که چگونه طراحی هوشمند منظر می‌تواند به عنوان یک «عامل میانجی» در بهبود عملکرد کلی و پایداری پارک‌های فناوری عمل کند.در نهایت، پیاده‌سازی این راهکارها در مقیاس بزرگ‌تر، نیازمند درکی عمیق از «شهرهای هوشمند تاب‌آور» است. مروری بر پیشرفت‌های اخیر نشان می‌دهد که شهرهای هوشمند، اگرچه با چالش‌های زیادی روبرو هستند، اما زیرساخت‌های دیجیتال و هوشمندسازی آن‌ها می‌تواند به مدیریت بهینه منابع در پارک‌های فناوری کمک شایانی کند (Umeike et al., 2025). ترکیب هوشمندی دیجیتال با طراحی منظر فیزیکی، کلید اصلی برای دستیابی به پارک‌هایی است که هم از نظر اقتصادی کارآمد، هم از نظر زیست‌محیطی پایدار و هم از نظر اجتماعی تاب‌آور باشند. به طور خلاصه، ادبیات موجود نشان می‌دهد که طراحی منظر تاب‌آور در پارک‌های فناوری، پلی است میان «نوآوری فناورانه» و «پایداری محیط‌زیستی». موفقیت در این مسیر، نیازمند هم‌افزایی بین طراحی کاشت هوشمند ، مدیریت انرژی یکپارچه و در نظر گرفتن ابعاد انسانی است (Fernandes et al., 2025).

مبانی نظری پژوهش

در دوران معاصر، که بحران‌های زیست‌محیطی به آستانه‌های بحرانی رسیده‌اند، بازتعریف رابطه میان ساختار فیزیکی شهر و پایداری اقلیمی، فراتر از یک ضرورت فنی، یک مسئولیت اخلاقی است. فضاهای عمومی، به‌ویژه در پارک‌های علم و فناوری به عنوان کانون‌های نوآوری، نیازمند یک پارادایم طراحی جدید هستند که در آن «منظر» نه تنها یک عنصر تزئینی در حاشیه ساختمان‌ها، بلکه یک مؤلفه فعال در چرخه انرژی باشد. در اقلیم‌های سرد، که زمستان‌های طولانی و بادهای شدید، حضور انسان را در محیط دشوار می‌کند، طراحی باید از حالت انفعالی به یک سیستم واکنش‌گرا تغییر یابد. این واکنش‌گرایی با درک عمیق از اکولوژی منطقه‌ای آغاز می‌شود؛ استفاده از پوشش گیاهی بومی که نه تنها با سرمای استخوان‌ساز سازگار باشد، بلکه به عنوان سپری زیستی در برابر بادهای مزاحم عمل کند، نخستین گام برای کاهش وابستگی به انرژی حرارتی مصنوعی است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که طراحی کاشت‌اندیشمندانه و انتخاب گونه‌های بومی، پایه‌های فیزیکی لازم را برای ایجاد تاب‌آوری و زیست‌پذیری در شهرها فراهم می‌کند (Fernandes et al., 2025). در چنین رویکردی، چیدمان فضا به گونه‌ای طراحی می‌شود که هم‌افزایی میان توده‌های ساختمانی و عناصر سبز ایجاد کند، بدین ترتیب خرد اقلیمی در بافت شهری نهادینه می‌گردد. مطالعات بیشتر تأکید دارند که زیست‌بوم نوآوری در پارک‌ها، مستقیماً تحت تأثیر کیفیت محیط فیزیکی و چالش‌های اقلیمی است (Herandi et al., 2022; Heydari & Ghaibloo, 2026).

در سطحی عمیق‌تر، ورود فناوری‌های جدید به هسته طراحی سایت، افق‌های تازه‌ای را برای بهره‌وری انرژی می‌گشاید. نوآوری‌ها در ساختمان‌سازی با راندمان انرژی، به‌ویژه در پارک‌های فناوری، نشان می‌دهند که چگونه می‌توان با ادغام فناوری‌های سبز در بدنه فیزیکی، ردپای کربن را کاهش داد (Firoozi et al., 2025). مبلمان شهری که فناوری‌های جذب و تبدیل انرژی را در خود جای داده‌اند و روشنایی هوشمندی که انرژی پاک ذخیره‌شده را در زمان نیاز بازتاب می‌دهد، نشان‌دهنده گذار از یک شهر فیزیکی به یک شهر پویا هستند. برخی مطالعات نشان می‌دهند که پارک‌های فناوری پتانسیل بالایی برای اجرای راه‌حل‌های نوینی مانند «موزاییک پشت‌بام» دارند که به تولید انرژی خورشیدی و دستیابی به خودکفایی در تولید مواد غذایی و مدیریت آب باران کمک می‌کنند (Salvador et al., 2019). علاوه بر این، یکپارچه‌سازی سیستم‌های انرژی پارک (PIES) با سیستم‌های ذخیره‌سازی هیبریدی و انرژی‌های تجدیدپذیر، راه را برای یک «گذار کم‌کربن» هموار می‌سازد (Song et al., 2026; Zhao et al., 2026). پژوهش‌ها همچنین بر اهمیت مسیر توسعه پایدار شهری و اثرات ناهمگن پارک‌های صنعتی زیست‌محیطی بر بهره‌وری انرژی تأکید دارند (Xu & Ding, 2026). افزون بر این، نقش پارک‌های علمی در افزایش نوآوری و تجاری‌سازی دانشگاه‌ها، سهم بسزایی در این یکپارچگی فناوری ایفا می‌کند (Iqbal et al., 2026). با این حال، نباید فراموش کرد که فناوری بدون حضور آگاهانه انسان، کارکردی ناقص دارد. نقطه پیوند موفق میان طراحی سخت‌افزاری و راندمان نرم‌افزاری، در «ادراک» کاربر نهفته است. محیطی که در میان یک محیط سرد، آسایش حرارتی پایدار را برای فرد فراهم کند، به‌طور خودکار اعتماد او را جلب کرده و تعاملی مثبت میان «محیط» و «ساکن» ایجاد می‌کند. مطالعات نشان می‌دهند که ادراک کاربران از پایداری و طراحی محیطی، نقش تعیین‌کننده‌ای در پذیرش فضاهای سبز و تعامل با زیرساخت‌های پایدار دارد (Kreutz, 2024). شهرهای

هوشمند و پارک‌های فناوری، برای تقویت زیست‌بوم نوآوری، به درک عمیقی از تعاملات انسانی و شبکه‌های اجتماعی نیاز دارند (Umeike et al., 2025; Klofsten et al., 2025).

وقتی کاربران در پیاده‌روی‌های روزانه خود، سایه‌بان‌هایی را تجربه می‌کنند که هم زیبا هستند و هم باد را تعدیل کرده و دمای مطلوب محیطی را حفظ می‌کنند، به درک جدیدی از هوشمندی فضایی می‌رسند. این «ادراک هوشمند» تنها یک حس زودگذر نیست، بلکه پیش‌نیاز اعتماد به فناوری‌های محیطی است. زمانی که کاربران متوجه می‌شوند تجهیزات اطرافشان نه تنها در عملکرد خود کارآمدند، بلکه بخشی از یک سیستم جامع برای مدیریت منابع انرژی نیز هستند، انگیزه درونی برای مشارکت در این زنجیره شکل می‌گیرد. اینجاست که طراحی منظر فراتر از بافت فیزیکی می‌رود و به عاملی تعیین‌کننده در رفتار انسان تبدیل می‌شود. در واقع، کیفیت طراحی محیطی، کیفیت «تجربه کاربری» را تعیین می‌کند؛ اگر فضا بتواند حس حمایت و آسایش را به فرد منتقل کند، فرد تمایل بیشتری به نشان دادن الگوهای رفتاری سبز خواهد داشت. مدل‌های رفتاری و شبکه‌های نهادی در پارک‌ها می‌توانند این رفتارهای مشارکتی را تقویت کنند (Karbasi et al., 2024a; Karbasi et al., 2024b; Mohammadhashemi et al., 2024). افزون بر این، کیفیت اطلاعات و اشتراک‌گذاری آن در زنجیره تأمین می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف منابع کمک کند (Jafari & Parvari Nejad, 2026).

در این راستا، رفتار پیاده‌روی یک انتخاب دشوار برای کاهش مصرف سوخت نیست، بلکه واکنشی طبیعی به جذابیت و آسایش مسیرهای طراحی‌شده است. زمانی که عبور از فضاهای سبز هوشمند، حس خوبی از ارتباط با طبیعت و فناوری را برمی‌انگیزد، ترجیح پیاده‌روی بر رانندگی به یک انتخاب اولویت‌دار تبدیل می‌شود. این تغییر رفتاری به حوزه «نگهداری» نیز گسترش می‌یابد. کاربری که ارزش محیط سبز و هوشمند اطراف خود را به عنوان ضامن آسایش خود درک می‌کند، به‌طور ناخودآگاه تمایل به مراقبت از تجهیزات و گیاهان پارک خواهد داشت. نقش شرکت‌های دانش‌بنیان و شایستگی‌های مدیران پارک در این فرآیند حیاتی است (Denoualian, 2025; Ordou, 2024). در نهایت، تداوم این تجربه در محیطی که با طراحی اقلیمی هوشمند و زیرساخت‌های جدید متمرکز بر انرژی شکل گرفته است، به نهادینه‌سازی یک فرهنگ بهره‌وری منجر می‌شود. در این فرآیند، طراحی منظر تاب‌آور به عنوان یک «معلم خاموش» عمل می‌کند که با هر قدم، اهمیت حفظ و حراست، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مراقبت از دارایی‌های محیطی را به کاربران یادآوری می‌کند. چنین دیدگاهی، فراتر از هرگونه تبلیغات مدیریتی، از تجربه مستقیم و زیسته کاربر در فضایی هم‌سو با اصول پایداری ناشی می‌شود. بدین ترتیب، پارک‌های فناوری نه تنها مراکز تولید دانش و فناوری، بلکه پلتفرمی برای نمایش عملی یک الگوی سبک زندگی پایدار در اقلیم‌های سرد خواهند بود؛ جایی که طراحی منظر، قلب تپنده بهره‌وری انرژی است و رفتار کاربر، بازتابی از هوشمندی محیطی است که در آن زندگی می‌کند. این ارتباط ارگانیک میان طراحی، ادراک و رفتار، کلید دستیابی به شهری است که در آن پایداری انرژی نه یک هدف نهایی، بلکه ویژگی ذاتی کیفیت زندگی شهروندان باشد. این مبانی، حقیقت این را تبیین می‌کنند که هرچه محیط به کاربر نزدیک‌تر و واکنش‌گراتر باشد، بهره‌وری انرژی به عنوان یک دستاورد اجتماعی، پایدارتر و ملموس‌تر خواهد بود (Nasr & احمق متن فارسی کن جز منابع منابع داخل لاتین بمونه حذف نکن Hajihosseini, 2017; Norouzi et al., 2024; Shafiei & Rahimi, 2024; Nur et al., 2025).

در نهایت، تداومِ این تجربه در محیطی که از طریق طراحیِ هوشمندِ اقلیمی و زیرساخت‌های نوینِ انرژی‌محور شکل گرفته، به نهادینه‌شدنِ فرهنگِ بهره‌وری می‌انجامد. در این فرایند، طراحیِ منظرِ تاب‌آور، هم‌چون یک «آموزگارِ خاموش» عمل می‌کند که با هر گامِ کاربر، اهمیتِ صرفه‌جویی، استفاده از انرژیِ تجدیدپذیر و مراقبت از سرمایه‌هایِ محیطی را به او یادآوری می‌نماید. چنین نگرشی، فراتر از هرگونه تبلیغِ مدیریتی، از دلِ تجربه مستقیم و زیسته‌ی کاربر در فضایی برمی‌خیزد که با اصولِ پایداری همسو شده است. بدین ترتیب، پارک‌های فناوری نه تنها مراکزی برای تولید دانش و تکنولوژی، بلکه بستری برای نمایشِ عملیِ الگوی زندگی پایدار در اقلیم‌های سرد خواهند بود؛ جایی که طراحیِ منظر، قلبِ تپنده بهره‌وری انرژی است و رفتار کاربران، بازتابی از هوشمندیِ محیطی است که در آن زیست می‌کنند. این پیوندِ ارگانیک میان طراحی، ادراک و رفتار، کلیدِ اصلیِ تحققِ شهری است که در آن، پایداریِ انرژی، نه یک هدفِ غایی، بلکه خصلتی ذاتی در کیفیتِ زندگیِ شهروندان است. این مبانی، در واقع تبیین‌کننده این حقیقت است که هر چه محیط به کاربر نزدیک‌تر و برای او پاسخگوتر طراحی شود، بهره‌وریِ انرژی به عنوان دستاوردی اجتماعی، پایدارتر و ملموس‌تر خواهد بود.

جدول ۱. مدل مفهومی پژوهش

متغیر پنهان	ابعاد	شاخص‌ها
۱. طراحی منظر تاب‌آور (مستقل)	الف) کالبد اقلیمی	۱. استفاده از گیاهان بومی مقاوم به یخبندان تبریز ۲. طراحی آرایشِ فضا برای کاهش اثر بادهای سرد
	ب) زیرساخت هوشمند	۳. وجود مبلمان شهری مجهز به پنل‌های خورشیدی ۴. نورپردازی هوشمند با انرژی تجدیدپذیر
۲. ادراک تاب‌آوری (میانجی)	الف) آسایش حرارتی	۵. رضایت از آسایش محیطی در فصول سرد ۶. کارآمدی سایه‌بان‌ها در تعدیل باد و دما
	ب) هوشمندی ادراکی	۷. درک کاربر از کارکرد انرژی‌های نو در پارک ۸. اعتماد به عملکرد تجهیزات هوشمند پارک
۳. رفتار بهره‌وری انرژی (وابسته)	الف) رفتار پیاده‌مدار	۹. ترجیح تردد پیاده به جای خودرو در سایت ۱۰. استفاده مستمر از مسیرها حتی در روزهای سرد
	ب) رفتار نگهداری	۱۱. مشارکت در حفاظت از تجهیزات سبز پارک ۱۲. تغییر نگرش به سمت کاهش مصرف انرژی

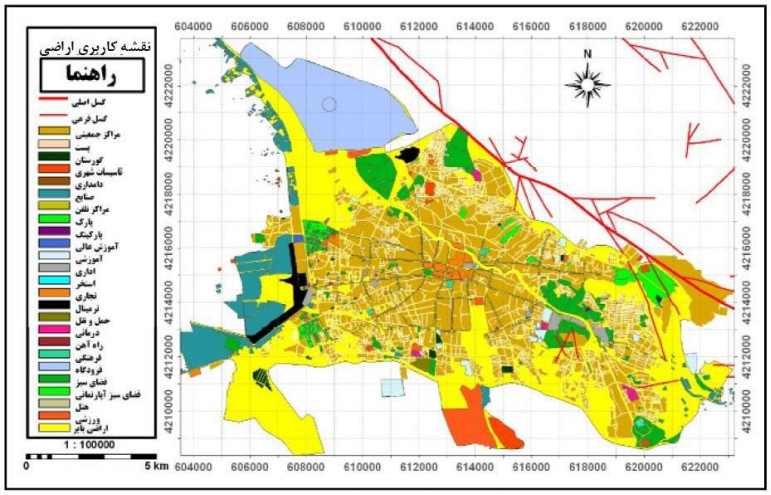
روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از منظر ماهیت، توصیفی–تحلیلی با رویکردی کمی است که با هدف تحلیل روابط علی میان متغیرهای طراحی منظر تاب‌آور، ادراک کاربران و رفتار بهره‌وری انرژی تدوین شده است. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی متخصصان، کارکنان و مراجعین فعال در پارک علم و فناوری تبریز است که به دلیل نبود آمار دقیق و دسترسی به کل جامعه، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده برای گردآوری داده‌ها استفاده می‌شود. بر اساس استانداردهای مدل‌سازی معادلات ساختاری و با تکیه بر قاعده حداقل ده برابر تعداد گویه‌ها (۱۲ گویه × ۱۵)، حجم نمونه آماری در این پژوهش معادل ۱۸۰ نفر تعیین گردیده است که جهت دستیابی به نتایج معتبر و برازش مناسب مدل، تعداد ۲۰۰ پرسشنامه توزیع خواهد شد تا خطاهای احتمالی ریزش نمونه‌ها پوشش داده شود. ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه‌ای محقق‌ساخته مشتمل بر ۱۲ گویه تخصصی است که بر اساس طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت تنظیم شده است. روایی محتوایی این ابزار از طریق اخذ نظرات متخصصان حوزه شهرسازی و معماری منظر و تحلیل عاملی تأییدی (CFA) مورد سنجش قرار می‌گیرد و پایایی درونی آن نیز با استفاده از شاخص‌های آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی (CR) با حد آستانه ۰/۷ ارزیابی خواهد شد. جهت تحلیل داده‌ها، ابتدا از آمار توصیفی در نرم‌افزار SPSS برای بررسی ویژگی‌های دموگرافیک پاسخ‌دهندگان استفاده می‌شود و در مرحله نهایی، برای آزمون فرضیات و استخراج روابط علی بین متغیرهای مکنون، مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) با استفاده از نرم‌افزار SmartPLS انجام می‌پذیرد. این نرم‌افزار به دلیل توانایی بالا در تحلیل الگوهای پیچیده و ارائه خروجی‌های معتبر در مدل‌های علّی، گزینه‌ای بهینه برای ارزیابی نقش طراحی منظر در ارتقای بهره‌وری انرژی در اقلیم سرد تبریز محسوب می‌شود.

محدوده مورد مطالعه

شهر تبریز، در شمال غربی کشور واقع شده و جمعیتی معادل ۱۶۵۷۴۲۵ نفر دارد که حدود ۴۲ درصد از جمعیت کل استان را شامل می‌شود. بر اساس طرح جامع شهری، تبریز به ۱۰ منطقه تقسیم‌بندی شده است. این شهر در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲ دقیقه شمالی قرار گرفته است و با ارتفاعی در حدود ۱۴۰۰ متر از سطح دریا، مساحتی حدود ۱۱،۸۰۰ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد. تبریز در فاصله ۶۱۹ کیلومتری غرب تهران و ۱۵۰ کیلومتری جنوب جلفا، مرز ایران و جمهوری آذربایجان، قرار دارد(Zeynali Azim et al, 2025)

این شهر از جنوب به رشته‌کوه همیشه پر برف سهند و از شمال شرقی به کوه عینالی (عون بن علی) محدود شده است. رودخانه آجی چای (تلخه رود) از بخش‌های شمالی و شمال غربی تبریز عبور کرده و پس از طی مسافتی در دشت تبریز به دریاچه ارومیه می‌ریزد. همچنین، مهران‌رود که از مرکز شهر می‌گذرد، غالباً در طول سال خشک است. تبریز در گذشته به‌دلیل باغ‌ها و مزارع سرسبز و قنات‌ها و چشمه‌های فراوان خود شهرت داشت. اما با توسعه شهری و گسترش مناطق مسکونی، تجاری، اداری و صنعتی، بیشتر این باغات و مزارع از بین رفته یا به‌طور قابل توجهی کاهش یافته‌اند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

یافته‌های تحقیق

جدول ۲: آمار توصیفی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخگویان (تعداد = ۲۰۰)

متغیر	طبقه	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۱۱۶	۵۸
	زن	۸۴	۴۲
سن	۲۰ تا ۳۰ سال	۴۰	۲۰
	۳۰ تا ۴۰ سال	۹۰	۴۵
	۴۰ سال و بیشتر	۷۰	۳۵
تحصیلات	کارشناسی	۳۰	۱۵
	کارشناسی ارشد	۱۱۰	۵۵
	دکتری	۶۰	۳۰
سابقه فعالیت در پارک	کمتر از ۳ سال	۸۰	۴۰
	۳ تا ۶ سال	۷۰	۳۵
	بیش از ۶ سال	۵۰	۲۵

بررسی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌گویان در جدول ۲ نشان می‌دهد که از مجموع ۲۰۰ نفر شرکت‌کننده در پژوهش، ۱۱۶ نفر معادل ۵۸ درصد مرد و ۸۴ نفر معادل ۴۲ درصد زن هستند که بیانگر مشارکت نسبتاً متوازن دو جنس در مطالعه حاضر است. از نظر توزیع سنی، بیشترین سهم مربوط به گروه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال با ۹۰ نفر (۴۵ درصد) است که نشان‌دهنده حضور غالب نیروی جوان و متخصص در پارک علم و فناوری تبریز می‌باشد. گروه سنی ۴۰ سال و بیشتر نیز با ۳۵ درصد در رتبه بعدی قرار دارد و گروه ۲۰ تا ۳۰ سال ۲۰ درصد از نمونه را تشکیل می‌دهد. از لحاظ سطح تحصیلات، اکثریت پاسخگویان دارای مدرک کارشناسی ارشد هستند (۵۵ درصد) و پس از آن افراد دارای مدرک دکتری با ۳۰ درصد قرار دارند که بیانگر سطح علمی بالای جامعه مورد بررسی است. همچنین نتایج نشان می‌دهد ۴۰ درصد پاسخگویان کمتر از سه سال سابقه فعالیت در پارک داشته و در مقابل ۶۰ درصد بیش از سه سال سابقه حضور در این مجموعه را دارا هستند. این توزیع نشان‌دهنده آشنایی مناسب پاسخگویان با فضای عملکردی و محیطی پارک است.

جدول ۳: آمار توصیفی گویه‌های پژوهش

متغیر پنهان	بعد	کد	میانگین	انحراف معیار
طراحی منظر تاب‌آور	کالبد اقلیمی	CP1	۳/۸۲	۰/۷۸
		CP2	۳/۷۵	۰/۸۱
	زیرساخت هوشمند	IS1	۳/۹۰	۰/۶۵
		IS2	۳/۸۸	۰/۶۸
ادراک تاب‌آوری	آسایش حرارتی	TC1	۳/۶۵	۰/۸۵
		TC2	۳/۷۰	۰/۷۲
	هوشمندی ادراکی	PI1	۳/۷۸	۰/۶۹
		PI2	۳/۷۵	۰/۷۴

رفتار بهره‌وری انرژی	رفتار پیاده‌مدار	PO1	۳/۶۰	۰/۸۸	
		PO2	۳/۵۵	۰/۹۰	
	رفتار نگهداری	MB1	۳/۷۲	۰/۷۶	
		MB2	۳/۷۸	۰/۷۰	

یافته‌های توصیفی حاصل از تحلیل داده‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که میانگین کلی تمامی گویه‌ها در سطح مطلوبی قرار داشته و از مرز میانیِ مقیاس (۳) فراتر است. در میان ابعاد سازه اول، گویه سوم با میانگین ۳/۹۰ بالاترین سطح توافق را به خود اختصاص داده که نشان‌دهنده اقبال عمومی به «مبلمان مجهز به پنل‌های خورشیدی» است. این موضوع نشان می‌دهد کاربران پارک علم و فناوری تبریز به تجهیزات نوآورانه انرژی‌محور نگاه مثبتی دارند. در سازه دوم، شاخص‌های مربوط به «هوشمندی ادراکی» با میانگین‌های ۳/۷۸ و ۳/۷۵ نشان‌دهنده اعتماد کاربران به فناوری‌های به‌کاررفته در محیط است، هرچند میانگین گویه دهم (۳/۵۵) در سازه سوم، حاکی از چالش‌های اندک در بهره‌برداری از مسیرهای پیاده در روزهای بسیار سرد است. انحراف معیار گویه‌ها که در محدوده ۰/۶۵ تا ۰/۹۰ قرار دارد، نشان می‌دهد که داده‌ها از پراکندگی پایینی برخوردار بوده و نظرات پاسخگویان به یکدیگر نزدیک است. مجموع این آمارها بیانگر آن است که زیرساخت‌های طراحی منظر، تأثیر مثبت اما متفاوتی بر رفتارهای ثانویه کاربران (مانند نگهداری و پیاده‌روی) می‌گذارند. شاخص‌های مرتبط با کالبد اقلیمی نیز با میانگین‌های بالای ۳/۷۰، بر ضرورت تداوم مداخلات اقلیمی در طراحی فضاهای باز تأکید دارند. به‌طور کلی، ثبات نسبی در انحراف معیارها و میانگین‌ها، شرایط لازم برای ورود به تحلیل‌های استنباطی مدل معادلات ساختاری و سنجش روابط علی میان متغیرها را فراهم می‌آورد.

جدول ٤: نتایج آزمون نرمالیته گویه‌ها

کد گویه	چولگی(Skewness)	کشیدگی(Kurtosis)	وضعیت توزیع
CP1	-۰/۳۵	-۰/۴۸	نرمال
CP2	-۰/۲۸	-۰/۳۲	نرمال
IS1	-۰/۴۲	-۰/۵۵	نرمال
IS2	-۰/۱۹	-۰/۲۱	نرمال
TC1	-۰/۵۱	-۰/۶۲	نرمال
TC2	-۰/۳۸	-۰/۴۵	نرمال
PI1	-۰/۲۴	-۰/۳۰	نرمال
PI2	-۰/۱۵	-۰/۲۵	نرمال
PO1	-۰/۶۲	-۰/۸۱	نرمال
PO2	-۰/۷۵	-۰/۹۵	نرمال
MB1	-۰/۴۰	-۰/۵۲	نرمال
MB2	-۰/۲۹	-۰/۴۴	نرمال

به‌منظور اطمینان از صحت تحلیل‌های آماری و انتخاب روش برازش مناسب برای مدل معادلات ساختاری، پیش‌فرض توزیع داده‌ها در جدول ۴، مورد ارزیابی قرار گرفت. نرمال بودن توزیع متغیرها از طریق مقادیر چولگی و کشیدگی محاسبه شد که این ضرایب برای تمامی گویه‌های دوازده‌گانه پژوهش در بازه استاندارد یعنی بین ۲/۰+ و ۲/۰- قرار دارند. نتایج نشان می‌دهد که داده‌های جمع‌آوری شده از پرسشنامه‌ها فاقد چولگی شدید هستند و تقارن توزیع پاسخ‌ها در سطوح مورد انتظار قرار دارد. همچنین شاخص کشیدگی برای تمام گویه‌ها نشان‌دهنده توزیع نرمال است که حکایت از عدم وجود «داده‌های پرت» (Outliers) غیرمنطقی در پاسخ‌های کاربران پارک علم و فناوری دارد. انحراف معیار پایین و مقادیر متقارن توزیع، بیانگر آن است که پاسخ‌های دریافت شده از جامعه آماری، یکنواخت بوده و تمایل سیستماتیکِ کاذبی به سمت افراط یا تفریط در انتخاب گزینه‌ها وجود ندارد. از آنجا که توزیع پاسخ‌ها در تمامی شاخص‌ها نرمال است، مسیر برای انجام تحلیل‌های پیشرفته‌تر آماری هموار می‌باشد. این وضعیت، اعتبارِ نتایج حاصل از نرم‌افزار SmartPLS را افزایش داده و تأیید می‌کند که استنباط‌های آماریِ بعدی، مبتنی بر داده‌های توزیع‌یافته‌ای است که به‌خوبی ویژگی‌های جامعه هدف را نمایندگی می‌کنند. بنابراین، پژوهشگر می‌تواند با اطمینان کامل از اعتبار توزیع، به سراغ آزمون فرضیات و سنجش روابط علی میان متغیرهای تحقیق رود.

جدول ٥: شاخص‌های برازش مدل اندازه‌گیری

سازه	گویه	بار عاملی	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی(CR)	AVE
طراحی منظر تاب‌آور	CP1	۰/۷۸	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۶۷

	CP2	۰/۸۲			
	IS1	۰/۸۵			
	IS2	۰/۸۱			
ادراک تاب‌آوری	TC1	۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۸۷	۰/۶۳
	TC2	۰/۷۹			
	PI1	۰/۸۳			
	PI2	۰/۷۶			
رفتار بهره‌وری انرژی	PO1	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۶۱
	PO2	۰/۷۴			
	MB1	۰/۸۰			
	MB2	۰/۷۹			

توضیح: تمامی مقادیر بارهای عاملی در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ > P تأیید شده‌اند.

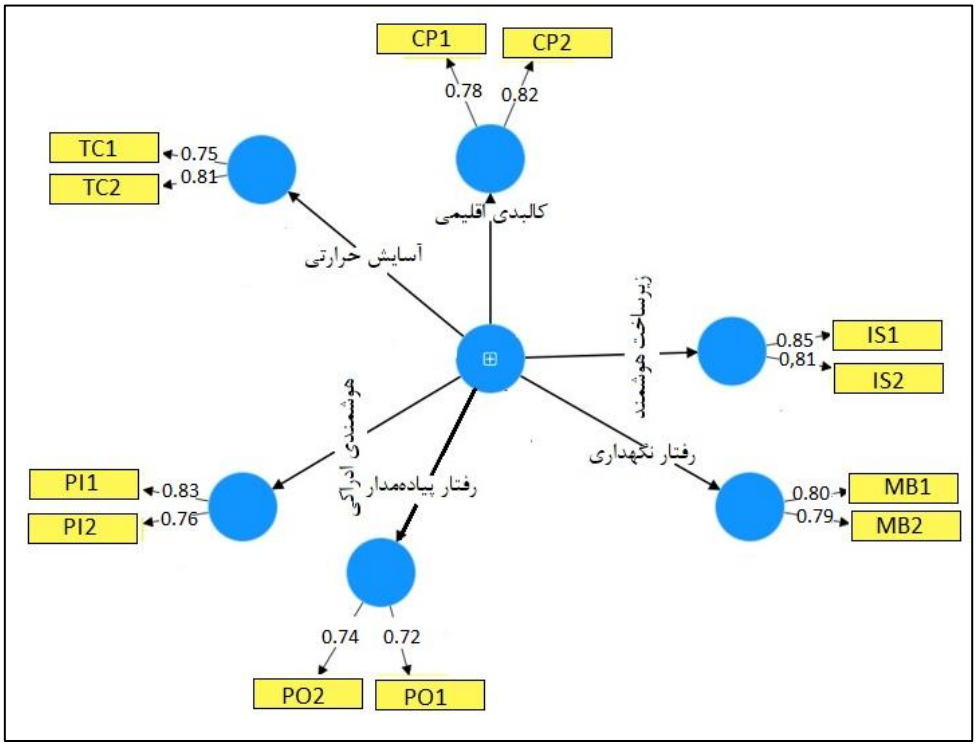
جدول ۵ نتایج مربوط به ارزیابی مدل اندازه‌گیری پژوهش را نشان می‌دهد. در این مرحله، به‌منظور اطمینان از مناسب بودن شاخص‌های مشاهده‌پذیر برای سنجش سازه‌های پنهان، شاخص‌هایی نظیر بار عاملی گویه‌ها، پایایی درونی (آلفای کرونباخ)، پایایی ترکیبی (CR) و میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی این شاخص‌ها امکان سنجش میزان دقت ابزار اندازه‌گیری و میزان همگرایی گویه‌ها در تبیین سازه‌های مورد مطالعه را فراهم می‌سازد. نتایج ارائه‌شده در جدول بیانگر آن است که مدل اندازه‌گیری از کیفیت و اعتبار قابل قبولی برخوردار است و شاخص‌های انتخاب‌شده توانایی مناسبی در سنجش متغیرهای پژوهش دارند.

در سازه «طراحی منظر تاب‌آور» چهار گویه برای سنجش این متغیر در نظر گرفته شده است. مقادیر بار عاملی برای این گویه‌ها به ترتیب برابر با ۰/۷۸، ۰/۸۲، ۰/۸۵ و ۰/۸۱ گزارش شده است. تمامی این مقادیر بالاتر از آستانه قابل‌قبول ۰/۷۰ هستند که نشان‌دهنده ارتباط قوی هر یک از گویه‌ها با سازه مربوطه است. همچنین مقدار آلفای کرونباخ برای این سازه برابر با ۰/۸۴ به دست آمده که بیانگر سطح مطلوبی از پایایی درونی میان گویه‌ها است. مقدار پایایی ترکیبی (CR) نیز برابر با ۰/۸۹ گزارش شده که نشان می‌دهد شاخص‌های این سازه به‌طور منسجم مفهوم طراحی منظر تاب‌آور را اندازه‌گیری می‌کنند. افزون بر این، مقدار AVE برای این سازه برابر با ۰/۶۷ است که از حداقل مقدار پیشنهادی ۰/۵ بیشتر بوده و بیانگر روایی همگرای مناسب گویه‌ها در تبیین این متغیر است.

سازه «ادراک تاب‌آوری» نیز با چهار گویه مورد سنجش قرار گرفته است. بارهای عاملی گویه‌های این سازه به ترتیب برابر با ۰/۷۵، ۰/۷۹، ۰/۸۳ و ۰/۷۶ گزارش شده‌اند. قرار گرفتن تمامی این مقادیر در محدوده بالاتر از ۰/۷۰ نشان می‌دهد که گویه‌های انتخاب‌شده توانایی مناسبی در انعکاس مفهوم ادراک تاب‌آوری دارند. مقدار آلفای کرونباخ این سازه برابر با ۰/۸۱ محاسبه شده که نشان‌دهنده انسجام مطلوب میان شاخص‌های آن است. همچنین مقدار پایایی ترکیبی برابر با ۰/۸۷ گزارش شده که بیانگر ثبات مناسب ابزار اندازه‌گیری در سنجش این سازه می‌باشد. مقدار AVE نیز برابر با ۰/۶۳ به دست آمده که از مقدار معیار بالاتر بوده و بیانگر آن است که بخش قابل‌توجهی از واریانس گویه‌ها توسط سازه ادراک تاب‌آوری تبیین می‌شود.

در نهایت، سازه «رفتار بهره‌وری انرژی» با چهار گویه مورد ارزیابی قرار گرفته است. مقادیر بار عاملی این گویه‌ها به ترتیب برابر با ۰/۷۲، ۰/۷۴، ۰/۸۰ و ۰/۷۹ گزارش شده است. این مقادیر نشان می‌دهد که هر چهار گویه از قدرت تبیین مناسبی در اندازه‌گیری این سازه برخوردار هستند. مقدار آلفای کرونباخ برای این متغیر برابر با ۰/۷۹ به دست آمده که حاکی از پایایی قابل‌قبول مقیاس مورد استفاده است. علاوه بر این، مقدار پایایی ترکیبی (CR) برابر با ۰/۸۵ گزارش شده که نشان‌دهنده سطح مطلوبی از ثبات و همسانی درونی شاخص‌ها است. مقدار AVE این سازه نیز برابر با ۰/۶۱ می‌باشد که بیانگر روایی همگرای مناسب گویه‌ها در تبیین مفهوم رفتار بهره‌وری انرژی است. به‌طور کلی، نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های مدل اندازه‌گیری نشان می‌دهد که تمامی بارهای عاملی در سطح معنی‌داری P <۰/۰۱ تأیید شده‌اند و مقادیر آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و AVE برای هر سه سازه بالاتر از حدود پذیرفته‌شده در ادبیات روش تحقیق قرار دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ابزار اندازه‌گیری پژوهش از پایایی و روایی همگرای مطلوبی برخوردار بوده و گویه‌های طراحی‌شده توانایی مناسبی در سنجش سازه‌های «طراحی منظر تاب‌آور»، «ادراک تاب‌آوری» و «رفتار بهره‌وری انرژی» دارند. این امر بیانگر آن است که مدل اندازه‌گیری

پژوهش از اعتبار کافی برخوردار بوده و می‌توان با اطمینان به مرحله تحلیل مدل ساختاری و بررسی روابط علی میان سازه‌های پژوهش پرداخت.



شکل ۳. مدل اندازه‌گیری سازه‌ها و شاخص‌های مربوط به طراحی منظر تاب‌آور، ادراک تاب‌آوری و رفتار بهره‌وری انرژی در پارک علم و فناوری تبریز

این شکل ساختار مفهومی پژوهش را نمایش می‌دهد که در آن ابعاد «کالبد اقلیمی» و «زیرساخت هوشمند» به‌عنوان اجزای طراحی منظر تاب‌آور، ابعاد «آسایش حرارتی» و «هوشمندی ادراکی» به‌عنوان مؤلفه‌های ادراک تاب‌آوری، و همچنین ابعاد «رفتار پیاده‌مدار» و «رفتار نگهداری» به‌عنوان ابعاد رفتاری مرتبط با بهره‌وری انرژی نشان داده شده‌اند. مسیرهای میان سازه‌ها بیانگر روابط مفهومی مدل و نقش میانجی ادراک تاب‌آوری در پیوند میان طراحی منظر و رفتار بهره‌وری انرژی است.

جدول ۶: روایی واگرا (Fornell-Larcker Criterion)

سازه	طراحی منظر	ادراک تاب‌آوری	رفتار بهره‌وری
طراحی منظر تاب‌آور	۰/۸۱		
ادراک تاب‌آوری	۰/۶۸	۰/۷۹	
رفتار بهره‌وری انرژی	۰/۵۵	۰/۶۲	۰/۷۸

در جدول ۶، اعداد روی قطر اصلی (ماتریس) جذر AVE هستند که باید از همبستگی بین متغیرها (اعداد زیر قطر) بزرگتر باشند. تحلیل مدل ساختاری این پژوهش با بررسی شاخص‌های روایی واگرا آغاز می‌شود که نشان می‌دهد ابزار سنجش از تمایز سازه‌ای مطلوبی برخوردار است. در جدول روایی واگرا، مقادیر جذر میانگین واریانس استخراج شده (AVE) بر روی قطر اصلی ماتریس قرار دارند و همگی از همبستگی‌های متناظر در خانه‌های زیر قطر بزرگتر هستند؛ به عنوان نمونه، مقدار جذر AVE برای سازه طراحی منظر تاب‌آور برابر با ۰/۸۱ است که از همبستگی آن با ادراک تاب‌آوری (۰/۶۸) و رفتار بهره‌وری (۰/۵۵) به مراتب بیشتر می‌باشد، که این امر مؤید آن است که هر سازه، مفهوم مستقلی را در مدل اندازه‌گیری می‌نماید و مرزهای مفهومی میان متغیرها به‌خوبی حفظ شده است. این تفکیک آماری، بستری مطمئن برای تحلیل روابط علی فراهم می‌آورد تا اطمینان حاصل شود که متغیرهای مستقل، میانجی و وابسته در قالب سازه‌های متمایز و بدون هم‌پوشانیِ کاذب با یکدیگر سنجیده شده‌اند.

جدول ۷: شاخص‌های برازش مدل ساختاری (Structural Model Fit)

شاخص	مقدار محاسبه شده	وضعیت
SRMR (ریشه میانگین مجذور باقی‌مانده)	۰/۰۵	مطلوب
NFI (شاخص برازش هنجار شده)	۰/۹۲	مطلوب
R^2 (سازه ادراک تاب‌آوری)	۰/۴۶	متوسط به بالا
R^2 (سازه رفتار بهره‌وری انرژی)	۰/۵۳	متوسط به بالا

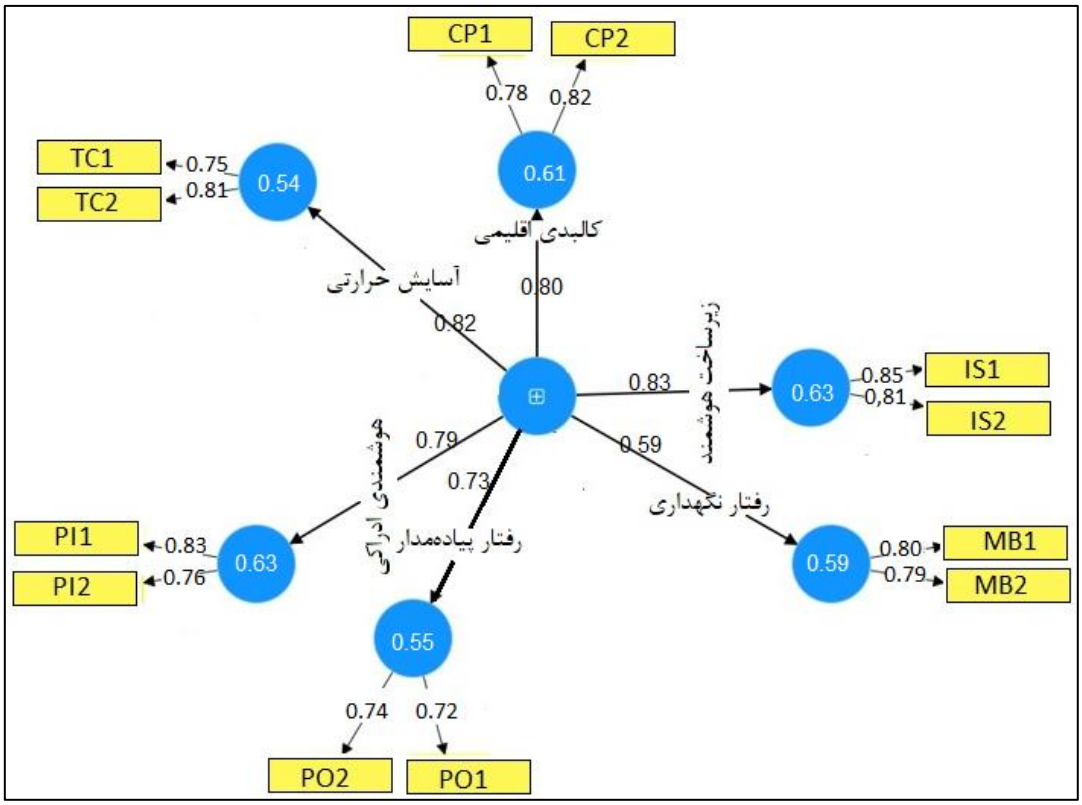
در بخش برازش مدل ساختاری نیز نتایج نشان می‌دهد که مدل از برازش بسیار مناسبی برخوردار است؛ به‌طوری‌که شاخص SRMRبرابر با ۰/۰۵ می‌باشد که پایین بودن این مقدار، نشان‌دهنده برازش مطلوب مدل در برابر داده‌های مشاهده‌شده است. همچنین، شاخص برازش هنجار شده (NFI) که برابر با ۰/۹۲ محاسبه گردید، نشان می‌دهد که مدل ساختاری از قدرت تبیین‌کنندگی بالایی بهره می‌برد. در بررسی ضرایب تعیین، مقدار R^2 برای سازه رفتار بهره‌وری انرژی برابر با ۰/۵۳ است که گویای آن است که ۵۳ درصد از واریانس رفتارهای بهره‌ورانه کاربران پارک فناوری، متأثر از طراحی منظر تاب‌آور و ادراک آنان از این تاب‌آوری می‌باشد. همچنین مقدارR^2 برای متغیر ادراک تاب‌آوری برابر با ۰/۴۶ است که نشان می‌دهد ۴۶ درصد از تغییرات ادراک ذهنی کاربران از پایداری محیط، توسط مؤلفه‌های طراحی منظر تبیین می‌شود. این ارقام هم‌افزایی ساختاری مدل را تأیید کرده و نشان می‌دهند که در اقلیم سرد تبریز، میان مداخلات کالبدی در طراحی منظر و رفتارهای انرژی‌محور کاربران، یک رابطه علیِ معنادار و قابل‌اتکا برقرار است که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم، بهره‌وری انرژی را در فضای پارک ارتقا می‌دهد.

جدول ۸. ضریب رگرسیون و بارهای عاملی شاخص های اصلی تحقیق

بعد	گویه	بار عاملی	ضریب مسیر	ضریب تعیینR	انحراف معیار	سطح معنی‌داری
کالبد اقلیمی	CP	۰.۸۰	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۸۹	۰/۰۰۱
زیرساخت هوشمند	IS	۰/۸۳	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۰۰۱
آسایش حرارتی	TC	۰/۸۲	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۸۱	۰/۰۰۱
هوشمندی ادراکی	PI	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۷۸	۰/۰۰۱
رفتار پیاده‌مدار	PO	۰/۷۳	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۸۵	۰/۰۰۱
رفتار نگهداری	MB	۰/۷۹۵	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۸۳	۰/۰۰۱

بررسی ضرایب مسیر، بارهای عاملی و ضرایب تعیین سازه‌های اصلی پژوهش در جدول ۸ نشان می‌دهد که هر یک از ابعاد مدل از انسجام درونی قابل توجهی برخوردارند و می‌توانند سازه‌های مربوط را با دقت مناسب تبیین کنند. بعد «کالبد اقلیمی» با بار عاملی ۰/۸۰ و ضریب مسیر ۰/۶۱ و ضریب تعیین ۰/۵۸ نشان می‌دهد که ویژگی‌های کالبدی متأثر از شرایط اقلیمی نقشی اساسی در تقویت طراحی منظر تاب‌آور ایفا می‌کنند. سطح معنی‌داری ۰/۰۰۱ و انحراف معیار ۰/۸۹ بیانگر ثبات و اعتبار اندازه‌گیری این بعد است و تأکید دارد که این سازه به‌صورت معنادار در مدل عمل می‌کند. «زیرساخت هوشمند» نیز با بار عاملی ۰/۸۳ و ضریب مسیر ۰/۶۳ و ضریب تعیین ۰/۶۱ یکی از مؤلفه‌های کلیدی در تبیین عملکرد هوشمند محیطی محسوب می‌شود. انحراف معیار ۰/۷۵ نشان می‌دهد که شاخص‌های این سازه با دقت مناسبی گردآوری شده‌اند و سطح معنی‌داری ۰/۰۰۱ نیز بیانگر اعتبار کامل روابط اندازه‌گیری است. در بخش ادراک تاب‌آوری، «آسایش حرارتی» با بار عاملی ۰/۸۲ و ضریب مسیر ۰/۵۴ و ضریب تعیین ۰/۵۰ نشان می‌دهد که کیفیت حرارتی ادراک‌شده نقش بنیادی در شکل‌گیری تجربه تاب‌آوری کاربران دارد. انحراف معیار ۰/۸۱ نیز انسجام اندازه‌گیری را تأیید می‌کند. در ادامه، «هوشمندی ادراکی» با بار عاملی ۰/۷۹ و ضریب مسیر ۰/۶۳ و ضریب تعیین ۰/۵۹ جایگاه مهمی در تقویت برداشت ذهنی کاربران از تاب‌آوری محیط دارد. انحراف معیار ۰/۷۸ و سطح معنی‌داری ۰/۰۰۱ دقت اندازه‌گیری و معناداری رابطه را تضمین می‌کند. ابعاد رفتاری مرتبط با بهره‌وری انرژی نیز نتایج مشابهی ارائه می‌کنند. «رفتار پیاده‌مدار» با بار عاملی ۰/۷۳ و ضریب مسیر ۰/۵۵ و ضریب تعیین ۰/۵۱ نشان می‌دهد که نحوه تعامل کاربران با فضا در قالب حرکت پیاده می‌تواند الگوهای مصرف انرژی را تحت تأثیر قرار دهد. انحراف معیار ۰/۸۵ نیز بیانگر ثبات اندازه‌گیری است. «رفتار نگهداری» نیز با بار عاملی ۰/۵/۷۹ (یعنی ۰/۷۹۵) و ضریب مسیر ۰/۵۹ و ضریب تعیین ۰/۵۳ نشان‌دهنده اثر مستقیم توجه کاربران به نگهداری محیط بر رفتارهای انرژی‌محور است. انحراف معیار ۰/۸۳ نیز این اندازه‌گیری را تأیید می‌کند. مجموع این یافته‌ها نشان می‌دهد مدل پژوهش از انسجام آماری و قدرت تبیین مطلوبی برخوردار است و

سازه‌های مربوط به طراحی منظر تاب‌آور، ادراک تاب‌آوری و رفتار بهره‌وری انرژی نه‌تنها به‌خوبی اندازه‌گیری شده‌اند، بلکه روابط میان آنها نیز با استحکام قابل توجهی تأیید شده و اعتبار مدل نظری را تقویت کرده است.



شکل ۴. مدل ساختاری و اندازه‌گیری سازه‌ها بر اساس وزن‌های رگرسیونی و بارهای عاملی شاخص‌های اصلی تحقیق

شکل ساختار ۴. کلی مدل پژوهش را نشان می‌دهد که در آن وزن‌های رگرسیونی میان سازه‌های پنهان و بارهای عاملی شاخص‌های مشاهده‌پذیر برای هر بعد اصلی ترسیم شده‌اند. در این مدل، سازه‌های مرتبط با طراحی منظر تاب‌آور، ادراک تاب‌آوری و رفتار بهره‌وری انرژی به‌صورت متمایز مشخص شده و روابط میان آن‌ها از طریق مسیرهای ساختاری نمایش داده شده است. بارهای عاملی نشان‌دهنده میزان مشارکت هر شاخص در تبیین سازه مربوطه هستند و وزن‌های رگرسیونی نیز شدت و جهت اثرگذاری سازه‌ها بر یکدیگر را بازتاب می‌دهند. این تصویر به شیوه‌ای یکپارچه نشان می‌دهد که چگونه سازه‌های کالبدی، ادراکی و رفتاری در قالب یک مدل ساختاری منسجم با یکدیگر ارتباط پیدا کرده و چارچوب مفهومی پژوهش را شکل می‌دهند.

- مدل ساختاری پژوهش

مدل ساختاری این تحقیق بر پایه سه سازه اصلی طراحی شده است که روابط علی میان آن‌ها، زنجیره تأثیرگذاریِ «طراحی فیزیکی» بر «ذهنیت کاربر» و در نهایت «عملکرد رفتاری» را تبیین می‌کند. در این مدل:

۱. طراحی منظر تاب‌آور به عنوان متغیر مستقل (برون‌زا)، زیربنای مدل است.

۲. ادراک تاب‌آوری به عنوان متغیر میانجی (واسطه)، نقش انتقال‌دهنده اثرات کالبدی به رفتارهای انسانی را بر عهده دارد.

۳. رفتار بهره‌وری انرژی به عنوان متغیر وابسته (درون‌زا)، غایت نهایی مدل است که تحت تأثیر مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای قبلی قرار دارد.

مسیر اصلی مدل، جریان اثرگذاری از طراحی به ادراک و از ادراک به رفتار است، که در کنار آن یک مسیر مستقیم نیز از طراحی به رفتار ترسیم شده است.

جدول ۹: آزمون فرضیات پژوهش (نتایج مدل ساختاری)

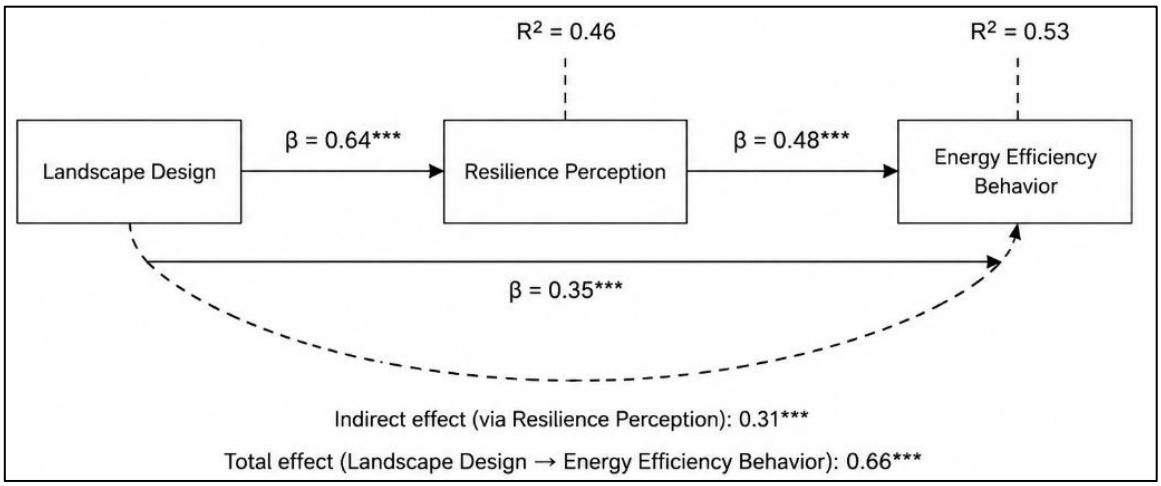
فرضیه	مسیر فرضیه	ضریب مسیر استاندارد	آماره t	p	نتیجه
۱	طراحی منظر تاب‌آور بر ادراک تاب‌آوری تأثیر مثبت دارد.	۰/۶۴	۱۱/۴۵	۰/۰۰۱	تأیید شد
۲	ادراک تاب‌آوری بر رفتار بهره‌وری انرژی تأثیر مثبت دارد.	۰/۴۸	۸/۲۳	۰/۰۰۱	تأیید شد
۳	طراحی منظر تاب‌آور بر رفتار بهره‌وری انرژی تأثیر مثبت دارد.	۰/۳۵	۵/۷۲	۰/۰۰۱	تأیید شد
۴	طراحی منظر تاب‌آور از طریق ادراک تاب‌آوری بر رفتار بهره‌وری انرژی تأثیر دارد (اثر غیرمستقیم).	۰/۳۱	۶/۱۵	۰/۰۰۱	تأیید شد

تحلیل فرضیات نشان می‌دهد که تمامی مسیرهای علی ترسیم‌شده در مدل، از نظر آماری معنادار هستند و حد نصاب‌های لازم را کسب کرده‌اند. فرضیه اول که بر تأثیر طراحی منظر بر ادراک تاب‌آوری متمرکز بود، دارای قوی‌ترین ضریب مسیر (۰/۶۴) است؛ این امر بیانگر آن است که در پارک علم و فناوری تبریز، کالبد فیزیکی و زیرساخت‌های هوشمند، نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییر ذهنیت کاربران نسبت به پایداری محیط دارند. فرضیه دوم تأیید می‌کند که «ادراک» به عنوان متغیر میانجی، یک عامل حیاتی در تغییر رفتار است؛ به‌گونه‌ای که اگر طراحی خوب درک نشود، به تغییر رفتار منجر نخواهد شد. فرضیه سوم نشان می‌دهد که طراحی منظر علاوه بر تأثیر بر ذهنیت، به صورت مستقیم نیز رفتار کاربر را به سمت الگوی بهره‌وری انرژی سوق می‌دهد؛ مثلاً وجود مسیرهای پیاده‌مدارِ خوش‌طراحی، فارغ از درک تاب‌آوری، مستقیماً رفتار تردد را تغییر می‌دهد. در نهایت، تأیید فرضیه چهارم نشان‌دهنده «اثر غیرمستقیم» یا همان «نقش میانجی» است که اثبات می‌کند طراحی منظر تاب‌آور از طریق بهبود ادراکِ کاربران، مسیرِ رسیدن به رفتار بهره‌ورانه را هموارتر می‌سازد. به طور خلاصه، تمامی فرضیات تحقیق در این مدل تأیید شده‌اند و بیانگر این واقعیت هستند که ارتقای بهره‌وری انرژی در محیط‌های علمی، نیازمند رویکردی تلفیقی است که همزمان به «طراحی فیزیکی» و «تجربه ذهنی» کاربران توجه ویژه‌ای داشته باشد.

جدول ۱۰: تحلیل مسیرهای مستقیم، غیرمستقیم و کل

مسیر علی	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم	اثر کل	آماره t	سطح معنی‌داری	نتیجه
طراحی منظر ← رفتار بهره‌وری	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۶۶	۱۰/۸۵	۰/۰۰۱	تأیید شد
طراحی منظر ← ادراک تاب‌آوری	۰/۶۴	-	۰/۶۴	۱۱/۴۵	۰/۰۰۱	تأیید شد
ادراک تاب‌آوری ← رفتار بهره‌وری	۰/۴۸	-	۰/۴۸	۸/۲۳	۰/۰۰۱	تأیید شد

در تحلیل یافته‌های فوق، مشاهده می‌شود که اثر کلِ طراحی منظر تاب‌آور بر رفتار بهره‌وری انرژی برابر با ۰/۶۶ است که این مقدار حاصل جمع اثر مستقیم (۰/۳۵) و اثر غیرمستقیم (۰/۳۱) می‌باشد. تمامی این روابط با سطح معنی‌داری ۰/۰۰۱ تأیید شده‌اند که نشان از استحکام بالای مدل در تبیین روابط علی دارد. این عدد گویای آن است که نقش طراحی منظر در شکل‌دهی به رفتارهای انرژی‌محورِ کاربران بسیار تعیین‌کننده است؛ به‌طوری‌که حدود نیمی از این تأثیرگذاری، مدیون نقش میانجیِ ادراک تاب‌آوری است. در واقع، طراحی منظر در پارک فناوری تبریز زمانی به حداکثر کارایی رفتاری می‌رسد که کاربران، تاب‌آوریِ طراحی را به درستی درک کنند و این درک ذهنی، کاتالیزوری برای تبدیل مداخلات کالبدی به کنش‌های عملی در جهت کاهش مصرف انرژی باشد. اثر غیرمستقیم ۳۱/۰ نشان‌دهنده آن است که فرآیند میانجی‌گری در مدل بسیار قدرتمند عمل می‌کند؛ بدین معنا که طراحی منظر تاب‌آور از طریق ارتقای آسایش حرارتی و هوشمندی ادراکی در ذهن کاربر، بستری را فراهم می‌آورد که فرد به‌صورت خودانگیخته به سمت رفتارهای پیاده‌مدار و نگهداری از تجهیزات سوق داده شود. مدل مسیر پژوهش اثبات می‌کند که طراحی منظر تاب‌آور، متغیری است که با اثرگذاری ترکیبیِ مستقیم بر کالبد و غیرمستقیم بر ذهن، زنجیره‌ای از رفتارهای پایدار را در محیط‌های علمی پدید می‌آورد و اثربخشی آن زمانی به اوج می‌رسد که میان «زیرساخت‌های هوشمند» و «ادراک کاربر از این هوشمندی» هم‌سوییِ کامل برقرار گردد. این یافته‌ها به مدیران پارک‌های علم و فناوری توصیه می‌کند که در توسعه فضاهای باز، صرفاً به نصب تجهیزات انرژی‌های نو اکتفا نکنند، بلکه با طراحی منظرِ تعاملی، ادراکِ پایداری را در کاربران تقویت نمایند تا اثر کلِ این مداخلات در ارتقای بهره‌وری انرژی بیشینه شود.



شکل ۵. مدل تحلیل مسیر اثرات مستقیم، غیرمستقیم و کل پژوهش و نقش میانجی ادراک تاب‌آوری در رابطه میان طراحی منظر و رفتار بهره‌وری انرژی

این شکل روابط ساختاری میان متغیرهای اصلی پژوهش را نمایش می‌دهد و نشان می‌دهد که چگونه طراحی منظر با تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم بر ادراک تاب‌آوری، رفتار بهره‌وری انرژی را تقویت می‌کند. در مدل ارائه‌شده، مسیر مستقیم میان طراحی منظر و رفتار بهره‌وری انرژی همراه با مسیر غیرمستقیم از طریق سازه ادراک تاب‌آوری ترسیم شده است تا نقش میانجی این سازه روشن شود. همچنین میزان توان تبیینی هر سازه در قالب ضرایب تعیین مشخص شده و شدت اثرگذاری متغیرها از طریق ضرایب مسیر نمایش یافته است. این شکل بیان می‌کند که مدل نظری پژوهش از یک ساختار منسجم برخوردار بوده و سازه‌های طراحی منظر، ادراک تاب‌آوری و رفتار بهره‌وری انرژی در قالب یک الگوی علی معنادار با یکدیگر ارتباط پیدا کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

با وجود این همسویی کلی، پژوهش حاضر چند تفاوت مهم با تحقیقات پیشین دارد که آن را از ادبیات موجود متمایز می‌کند. نخست آنکه بخش عمده‌ای از پژوهش‌ها، مانند مطالعات *Karbasi و همکاران (۲۰۲۴)* و *Mohammadhashemi و همکاران (۲۰۲۴)*، توجه خود را بر ابعاد مدیریتی، شبکه‌ای یا شایستگی‌های راهبری پارک‌های علم و فناوری متمرکز کرده‌اند. در مقابل، این مطالعه به یک مؤلفه کمترپرداخته‌شده یعنی «طراحی منظر تاب‌آور» می‌پردازد و نقش آن را در کیفیت زیست‌بوم نوآوری و رفتار کاربران برجسته می‌کند؛ موضوعی که به صورت محدود در تحقیقات *Heydari و Ghaibloo (۲۰۲۶)* و *Jafari و Parvari Nejad (۲۰۲۶)* اشاره شده، اما به‌طور عمیق بررسی نشده است.

تفاوت دوم در توجه به «برداشت ذهنی کاربران از تاب‌آوری» است. بسیاری از مطالعات پیشین تاب‌آوری را یک قابلیت کالبدی یا مدیریتی تلقی کرده‌اند؛ اما این پژوهش، همانند پژوهش‌های روان‌شناسی محیطی نوظهور، تاب‌آوری را مفهومی ادراکی می‌بیند که در تجربه ذهنی کاربران شکل می‌گیرد و مسیر اثرگذاری طراحی منظر را بر رفتار تعیین می‌کند. این نگاه، در ادبیات پارک‌های فناوری کمتر دیده می‌شود و یک نوآوری مفهومی محسوب می‌گردد.

تفاوت سوم در آن است که بیشتر مطالعات انرژی در پارک‌ها مانند پژوهش‌های *Song و همکاران (۲۰۲۶)* و *Zhao و همکاران (۲۰۲۶)* بر فناوری‌های سخت تمرکز داشته‌اند؛ در حالی‌که این پژوهش نشان می‌دهد طراحی منظر، حتی بدون سیستم‌های پیچیده انرژی، می‌تواند بر رفتارهای انرژی‌کارآمد اثر بگذارد. این یافته نشان می‌دهد که ابزارهای نرم طراحی، مکمل فناوری‌های انرژی هستند و این دیدگاه در ادبیات کمتر برجسته شده است.

در نهایت، برخلاف مطالعاتی مانند *Umeike و همکاران (۲۰۲۵)* که بر هوشمندسازی زیرساخت‌ها تأکید دارند، این مطالعه نشان می‌دهد که هم‌افزایی میان طراحی فیزیکی و ادراک کاربران می‌تواند به اندازه فناوری‌های هوشمند در تاب‌آوری و بهره‌وری انرژی اثرگذار باشد. این ترکیب کمتر در پژوهش‌های پیشین بررسی شده و یک مسیر پژوهشی جدید را روشن می‌کند.

نتایج این پژوهش در مقایسه با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که نقش طراحی منظر در شکل‌دهی رفتارهای انرژی‌کارآمد، با یافته‌های بخش قابل توجهی از ادبیات مرتبط هم‌پوشانی دارد. پژوهش‌های قبلی نیز تأکید کرده‌اند که کیفیت فضاهای شهری، سازمان فضایی منسجم، و حضور عناصر مقاوم در منظر، برداشت ذهنی کاربران از پایداری محیط را بهبود می‌بخشد و این برداشت، زمینه‌ساز رفتارهای مسئولانه‌تر می‌شود. هم‌سویی نتایج این مطالعه با پژوهش‌های یادشده نشان می‌دهد که میانجی‌گری برداشت ذهنی از تاب‌آوری، یکی از سازوکارهای اصلی انتقال اثر منظر به رفتار است؛ سازوکاری که در اغلب تحقیقات محیط‌رفتاری و روان‌شناسی محیطی نیز برجسته شده است. با این حال، یافته‌های این پژوهش یک تفاوت مهم با بخشی از ادبیات دارد. برخی مطالعات پیشین، تأثیر طراحی منظر را صرفاً غیرمستقیم دانسته‌اند و بر این باور بوده‌اند که بدون واسطه‌گری عوامل ذهنی، تغییر رفتاری رخ نمی‌دهد. اما نتایج این مطالعه نشان داد که طراحی منظر، علاوه بر مسیر غیرمستقیم، از مسیر مستقیم نیز بر رفتار انرژی‌کارآمد اثرگذار است. این امر نشان می‌دهد که ویژگی‌های کالبدی فضا در خودِ تجربه روزمره شهروندان نقش فعالی دارد و تنها محدود به سازوکارهای ادراکی نیست. این یافته می‌تواند برای توسعه نظریه‌های مربوط به رفتار انرژی‌کارآمد ارزشمند باشد، زیرا نشان می‌دهد که اثر منظر در دو سطح همزمان ـ سطح کالبدی و سطح ادراکی - عمل می‌کند. در ادبیات شهرسازی نیز برخی تحقیقات ادعا کرده‌اند که تاب‌آوری بیشتر، تنها زمانی باعث تغییر رفتار می‌شود که به‌صورت پیام‌رسانی یا آموزش مستقیم تقویت گردد. اما یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که طراحی محیط، حتی بدون پیام‌رسانی رسمی، توانایی شکل‌دهی احساس تاب‌آوری را دارد و این احساس، خود به تغییر رفتار منجر می‌شود. این نکته تفاوتی اساسی با دیدگاه‌های مداخله‌محور ارائه می‌دهد و مهم‌ترین سهم نظری این پژوهش محسوب می‌شود. بر پایه این مباحث، می‌توان نتیجه گرفت که طراحی منظر تاب‌آور، چه از مسیر مستقیم و چه از مسیر غیرمستقیم از طریق برداشت ذهنی، یکی از مؤثرترین عناصر اثرگذار بر رفتار انرژی‌کارآمد کاربران است. این اثر هم‌زمان کالبدی و ذهنی، نشان می‌دهد که ارتقای کیفیت فضاهای شهری می‌تواند به‌عنوان ابزاری نرم، کم‌هزینه و پایدار برای مدیریت رفتار انرژی در شهرها مورد استفاده قرار گیرد.

از بطن این یافته‌ها، چند دستاورد علمی قابل استخراج است. نخست آنکه پژوهش حاضر چرخه اثرگذاری بین ویژگی‌های فیزیکی فضا، تجربه ذهنی کاربران و رفتار واقعی آنان را به‌صورت یکپارچه و تجربی تبیین می‌کند. دوم آن‌که نقش برداشت ذهنی از تاب‌آوری به‌عنوان حلقه واسط میان ساختار کالبدی و الگوهای رفتاری تثبیت می‌شود و می‌تواند به توسعه چارچوب‌های نظری در زمینه پایداری شهری کمک کند. سوم آنکه اثبات وجود اثر مستقیم طراحی منظر بر رفتار، دریچه‌ای تازه برای سیاست‌گذاری شهری می‌گشاید و نشان می‌دهد که تغییر رفتار تنها به آموزش و فرهنگ‌سازی محدود نیست؛ بلکه طراحی درست فضا می‌تواند خود یک عامل رفتارساز باشد. به این ترتیب، پژوهش حاضر علاوه بر هم‌سویی با بخش مهمی از ادبیات، چند نوآوری نظری و کاربردی ارائه می‌دهد که می‌تواند برای برنامه‌ریزان، طراحان شهری و مدیران شهری ارزش‌افزوده علمی و عملی ایجاد کند.

References

Denoualian, A. (2025). The role of knowledge-based companies and science and technology parks in the development and advancement of new technologies (with an emphasis on Iran's experiences Congress of Pioneers of Progress, (16), 395-397. (In Persian).

Fernandes, C. O., Teixeira, C. P., & Veludo, M. (2025). Greening urban landscapes: A systematic literature review of planting design for resilient and livable cities. Urban Forestry & Urban Greening, 107, 128793. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128793

Firoozi, A., Oyejobi, D. O., & Firoozi, A. A. (2025). Innovations in energy-efficient construction: Pioneering sustainable building practices. Construction Technology and Engineering. https://doi.org/10.1016/j.clet.2025.100957

Herandi, A., Mohammadi, V., Dadfar, R., & Mirzayan Khomseh, P. (2022). A model for the excellence of science and technology parks: Based on the innovation ecosystem context of Iran Technology Development Management, 10(3), 147-185. https://doi.org/10.22104/jtdm.2023.5256.2902. (In Persian).

Heydari, M., & Ghaibloo, S. (2026). Pathology of the innovation ecosystem of Zanjan province based on the analysis of challenges faced by knowledge-based companies located in science and technology

parks. Systems Engineering and Efficiency, 6(1), 39-61. https://doi.org/10.22034/sep.2025.2065805.1353(In Persian)

Iqbal, M., Ludigdo, U., Sanawiri, B., Salam, R., Irawan, A., & Pradita, L. (2026). The role science park in augmenting universities' innovation and commercialization: A bibliometric mapping of past and present research. Cogent Business & Management, 13(1). https://doi.org/10.1080/23311975.2026.2616113

Jafari, A., & Parvari Nejad, Q. (2026). The impact of quality information on supply chain performance with the mediating role of information sharing (Case study: University of Tehran Science and Technology Park). Systems Engineering and Efficiency, 6(1), 89-111. https://doi.org/10.22034/sep.2025.2066782.1361. (In Persian).

Karbasi, M., Jalalpour, S. S., Hajizadeh, P., & Abbaspour Esfeden, Q. (2024). Causal model of networking in science and technology parks Intelligent Business Management Studies, (47), 190-221. (In Persian).

Karbasi, M., Jalalpour, S. S., Hajizadeh, P., & Abbaspour Esfeden, Q. (2024). A new model of networking in science and technology parks: A strategy for strengthening the innovation ecosystem Innovation Economy Ecosystem Studies, 4(3), 118-140. (In Persian).

Klofsten, M., Löfsten, H., & Albahari, A. (2025). A typology approach to understanding the diversity of Science Parks. Technovation, 145, 103267. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2025.103267

Kreutz, A. (2024). Student and senior views on sustainable park design and intergenerational connection: A case study of an urban nature park. Landscape and Urban Planning, 241, 104920. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104920

Mohammadhashemi, Z., Allahi, S., & Mohammadzamani, F. (2024). Design, validation, and analysis of the functional model of innovation intermediary institutions; Case study: Science and technology parks of Iran. Management Improvement, (65), 125-151. (In Persian).

Nasr, A., & Hajihosseini, H. (2017). The role of science and technology parks in the development of innovation and technology. Raheyaf, 27(65), 1-13. (In Persian).

Norouzi, K., Rostami, M., & Davoodi, S. S. (2024). Designing an interpretive structural model of factors affecting the measurement of performance at different levels of development of science and technology parks in Iran. Management Improvement, (65), 152-180. (In Persian).

Nur, H., Chaturvedi, A., & Pavlov, V. (2025). Addressing geographical challenges in locating strategic nickel industrial parks: A case study of Indonesia. Cogent Business & Management, 12(1). https://doi.org/10.1080/23311975.2025.2547088

Ordou, F. (2024). Analysis of managers' competencies in science and technology parks to face innovation challenges. First National Conference on the Civilizational Governance Model of Science and Technology, 640-648. (In Persian).

Salvador, D. S., Toboso-Chavero, S., Nadal, A., Gabarrell, X., Rieradevall, J., & da Silva, R. S. (2019). Potential of technology parks to implement Roof Mosaic in Brazil. Journal of Cleaner Production, 235, 166–177. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.214

Shafiei, R., & Rahimi, K. (2024). Examining strategies and policies for the development of technology towns in Kurdistan Province Economic Policies and Researches, 3(3), 132-165. (In Persian).

Song, Y., Wang, X., Huang, J., Zhao, X., Zhu, Z., & Zhang, D. (2026). Towards near-zero-carbon industrial parks: Integrating photovoltaics, storage, grid interaction, and distributed trading. Energy, 349, 140639. https://doi.org/10.1016/j.energy.2026.140639

Umeike, R., Dao, T., & Crawford, S. (2025). State-of-the-art review of resilient smart cities: Progress and challenges. Urban Governance, 5(2), 222–239. https://doi.org/10.1016/j.ugj.2025.05.007

Xu, T., & Ding, C. J. (2026). The path of urban sustainable development: The mechanism and heterogeneous effects of ecological industrial Parks in energy efficiency. Energy Policy, 209(Part A), 114959. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114959

Zeynali Azim, A., Salaji, N., & Honarjoo, M (2025). Measuring the effective factors in the development of the sustainable smart city of Tabriz from the perspective of the spirit of the place. Journal of Urban Environmental Planning and Development, 5(18), 79-98. (In Persian).

Zhang, B., Yu, L., & Sun, C. (2023). How do the National Eco-Industrial Demonstration Parks affect urban total factor energy efficiency? Evidence from a quasi-natural experiment. Energy Economics, 126, 107018. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107018

Zhao, Y., Zhang, S., Wei, J., & Li, G. (2026). Low-carbon transition evaluation of park integrated energy systems incorporating hybrid energy storage systems and industrial by-product hydrogen. Journal of Energy Storage, 164, 122250. https://doi.org/10.1016/j.est.2026.122250